Часть 1

Олимпиада: **Химия 11 класс (1 часть)**

Шифр: **21300968**

ID профиля: **869272**

Вариант 2

Чистовик. Вариант 2.

Задача №1.

1) $\omega(O) = 48\%$ допустим, одно из ~~веществ~~ веществ А, Б – бинарное. Тогда представим это вещество в виде $Э_xO_y$.

x \ y	1	2	3	4	5	7
1	17,3	34,7	52 Cr	69,3	86,7	
2	8,7	17,3	26	34,7	43,3	
3	5,8	11,6	17,3	23,1 Na?	28,9	
4	4,3	8,7	13	17,3	21,7	
5	3,5	7 Li?	10,4	13,87 N?	17,3	

В таблице посчитаны значения молярной массы элемента Э. [г/моль].

Из разумных вариантов: CrO_3.

Тогда молярная масса 2-го в-ва также равна 100 г/моль, и в нём три атома кислорода. Это могут быть: $CaCO_3$, $KHCO_3$.

Рассмотрим схемы 2 и 3. В схеме 2: $n(Г) = \frac{V}{V_m} = \frac{8,96\,л}{22,4\,л/моль} = 0,4$ моль.

В схеме 3: $n(O_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{6,72\,л}{22,4\,л/моль} = 0,3$ моль.

$n(A) = n(Б) = \frac{m}{M} = \frac{40\,г}{100\,г/моль} = 0,4$ моль.

Тогда, по соотношениям количеств в-в:

Б – CrO_3 $\quad 2CrO_3 \xrightarrow{t^\circ} Cr_2O_3 + \frac{3}{2}O_2 \quad \frac{n(O_2)}{n(CrO_3)} = \frac{3}{4} = \frac{0,3}{0,4}$

Е – Cr_2O_3

А – $CaCO_3$. $\quad CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2. \quad \frac{n(CO_2)}{n(CaCO_3)} = \frac{1}{1} = \frac{0,4}{0,4}$

Г – CO_2

(при разложении $KHCO_3$ выделяется CO_2 в количестве в 2 раза меньшем, чем $KHCO_3$, что нам не подходит.

Тогда: В – $CaCrO_4$

~~Д~~ Д – CaO

Ж – $Ca(CrO_2)_2$.

~~$n(CaO) + n(Cr_2O_3) = 0,4$ моль $\cdot 56$ г/моль $+ 0,2$ моль $\cdot 152$ г/моль =~~
~~$= 52,8$ г $\neq$ 40 г~~

Продолжение на стр. 2.

у (Чистовик).

ЗАДАЧА 1. Продолжение.

2) 1: $CaCO_3 + CrO_3 \xrightarrow{t} CaCrO_4 + CO_2\uparrow$

2: $CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2$

3: $2CrO_3 \xrightarrow{t} Cr_2O_3 + \frac{3}{2}O_2$

4: $CaO + Cr_2O_3 \xrightarrow{t} Ca(CrO_2)_2$.

1). Дополнение в связи с исправлением.

$D + E \rightarrow *$.

$CaO + Cr_2O_3 \rightarrow Ca(CrO_2)_2$.

$n_1(CaO) = 0,4$ моль. $n_1(Cr_2O_3) = 0,2$ моль.

По условию, не прореагировало 0,2 моль $D(CaO)$, значит

$n_{прореаг.}(CaO) = n(Cr_2O_3) = 0,2$ моль $= n(Ca(CrO_2)_2)$.

$m(тв. обл.) = m(Ca(CrO_2)_2) + m_{непрореаг.}(CaO) =$

$= 0,2$ моль $\cdot 208$ г/моль $+ 0,2$ моль $\cdot 56$ г/моль $= 52,8$ г. Совпадает с условием.

Решение подтверждено расчётами.

ЗАДАЧА 2. ③

1) В-во X: $\rho = \frac{1,251 \cdot 10^{-3}\,г}{см^3} = 1,251\ г/л.$

$n = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}$; $M(X) = \frac{1,251\,г \cdot 22,4\,л/моль}{1\,л} =$

$= 28\ г/моль.$

Это могут быть CO, N_2, C_2H_4.

Судя по тому, что А-соль, А в-во Б-бинарные, $X - N_2$.

Тогда определим катион соли А. Судя по карминово-красному окрашиванию пламени, это Li. $Y - Li$

$6Li + N_2 \rightarrow 2Li_3N$. $\Rightarrow$ $Li_3N - Б$. В А столько же атомов, такие же элементы.

$A - LiN_3$

2) Разложение А: $2LiN_3 \xrightarrow{t} 2Li + 3N_2$ (1)

Разложение Б: $2Li_3N \xrightarrow{t} 6Li + N_2$ (2)

$Li + H_2O \rightarrow LiOH + \frac{1}{2}H_2\uparrow$

Для H_2: $pV = nRT$ (Уравнение Менделеева-Клапейрона).

$n(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{(740 \cdot 133,322)\,Па \cdot 44,848\,л}{8,314 \cdot 293\,К \cdot 1000} = 1,816$ моль.

$n(Li) = 2n(H_2) = 3,632$ моль.

Пусть в смеси $m(LiN_3) = x$. Тогда $m(Li_3N) = 50 - x$.

$n_1(Li) = n(LiN_3) = \frac{m(LiN_3)}{M(LiN_3)} = \frac{x}{49} = 0,02041x$ моль.

в 1-й р-ции

$n_2(Li) = 3n(Li_3N) = \frac{3m(Li_3N)}{M(Li_3N)} = \frac{3(50-x)}{35} = 4,2857 - 0,0857x$ моль.

$n(Li) = n_1(Li) + n_2(Li)$. $\Rightarrow$ (страница 4)

$\Rightarrow 3,632 = 0,02041x + (4,2857 - 0,0957x)$.

$0,0653x = 0,6537$

$\boxed{x = 10\ г.}$ (m (LiN_3))

Тогда: $\omega(LiN_3) = \frac{10г}{50г} \cdot 100\% = \boxed{20\%}$

$\omega(Li_3N) = \frac{(50-10)г}{50г} \cdot 100\% = \boxed{80\%}$ — ответы.

3) р-ренне А:

LiN_3 растворяется в воде, в некоторой степени гидролизуется, диссоциирует на ионы:

$LiN_3 \rightarrow Li^+ + N_3^-$. (диссоциация на ионы)

$N_3^- + H_2O \rightleftarrows HN_3 + OH^-$. (частичный гидролиз аниона слабой кислоты HN_3).

$\boxed{pH > 7}$ (т.к. мы растворили соль сильного основания (LiOH) и слабой кислоты (HN_3)).

Р-ренне Б:

$Li_3N + 3H_2O \rightarrow 3LiOH + NH_3$ (Полный необратимый гидролиз).

$LiOH \rightarrow Li^+ + OH^-$. (диссоциация на ионы)

$\boxed{pH > 7}$ (т.к. в р-ре щёлочь).

Выделяющийся аммиак может частично растворяться в воде и гидратироваться его:

$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_3 \cdot H_2O$.

$NH_3 \cdot H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$. (диссоциация на ионы)

Этот процесс не сильно повлияет на значение pH в растворе.

ЗАДАЧА №3. (5.)

⇒ 3, 1) ~~[illegible]~~

$nO_2 + C_8H_{18} \xrightarrow{t} 8CO_2 + 9H_2O$ (1)
(изооктан)

$T: mO_2 + C_7H_{16} \xrightarrow{t} 7CO_2 + 8H_2O$ (2).
(н-гептан)

В р-ции (1): $Q_I = 9 \cdot Q(H_2O) + 9 \cdot Q(CO_2) - Q(\text{изооктана}) =$
$= 9 \cdot 285,8 + 8 \cdot 393,5 - 208 = 5512,2$ кДж/моль.

3) В р-ции (2): $Q_{II} = 8 \cdot Q(H_2O) + 7 \cdot Q(H_2O) - Q(\text{н-гептана}) =$
$= 8 \cdot 285,8 + 7 \cdot 393,5 - 224 = 4816,9$ кДж/моль.

Пусть в 100 мл бензина x мл изооктана тогда V(гептана) = 100 − x мл.

$\rho = \frac{m}{V}$ $m(\text{изооктана}) = \rho \cdot V = 0,69$ г/см^3 $\cdot x$ мл $= 0,69x$ г.

$m(\text{гептана}) = \rho \cdot V = 0,684$ г/см^3 $\cdot (100 - x)$ мл $= 68,4 - 0,684x$ г.

$\nu(\text{изооктана}) = \frac{m}{M} = \frac{0,69x \text{ г}}{114 \text{ г/моль}} = 6,0526 \cdot 10^{-3}$ моль.

$\nu(\text{н-гептана}) = \frac{m}{M} = \frac{(68,4 - 0,684x)\text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,684 - 6,84 \cdot 10^{-3}x$ моль.

$Q_1 = \nu(\text{изооктана}) \cdot Q_I = 6,0526 \cdot 10^{-3}x$ моль $\cdot 5512,2 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} = 33,363x$ кДж.
в 1-ой р-ции

$Q_2 = \nu(\text{гептана}) \cdot Q_{II} = (0,684 - 6,84 \cdot 10^{-3}x)$ моль $\cdot 4816,9 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}} =$
$= 3294,76 - 32,9476x$ кДж.

$Q(\text{бензина}) = Q_1 + Q_2 \Rightarrow 3333,8 = 33,363x + (3294,76 - 32,9476x)$.

$0,4154x = 39,04$

$x = 94$ мл. (V(изооктана)).

Октановое число $= \frac{V(\text{изооктана})}{V(\text{бенз.})} \cdot 100 = 94$

Ответ: 94.

ЗАДАЧА №3. Продолжение.

2) При сгорании 40 л топлива выделится: $3333{,}8 \frac{кДж}{л} \cdot 40\,л = 133352\,0\,кДж$ теплоты.

$$n(H_2) = \frac{Q}{Q(H_2)} = \frac{133352\,0\,кДж}{285{,}8 \frac{кДж}{моль}} = 4665{,}92\,моль$$

$$n = \frac{V}{V_m} \Rightarrow V(H_2) = n \cdot V_m = 4665{,}92\,моль \cdot 22{,}4\,л/моль = 104516{,}6\,л.$$

(по условию н.у.)

Ответ: 104516,6 л.

3) $n(H_2) = \frac{m}{M} = \frac{76500\,г}{2\,г/моль} = 38250\,моль.$

3 По уравнению Менделеева – Клапейрона:

$$pV = nRT; \quad V(H_2) = \frac{nRT}{p} = \frac{38250\,моль \cdot 8{,}314 \cdot 298\,К}{19600\,кПа} = 4835{,}06\,л.$$

Этого объёма H_2 не хватит, чтобы количество теплоты при его сгорании сравнялось при сгорании 40 л бензина.

(По 2-му пункту).

Не, заменить бензин водородом нецелесообразно.

Ответ: Нет, нецелесообразно.

3) $n(H_2) = \frac{m}{M} = \frac{76500}{2\,г/моль} = 38250\,моль.$

$Q = 285{,}8 \frac{кДж}{моль} \cdot 38250\,моль = 10931850\,кДж > 133352\,0\,кДж$

(при сгорании 40 л бензина)

целесообразно, теплоты выделяется больше.

Ответ: целесообразно.

3)

$pV = nRT.$

$$n(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{19600 \cdot 40}{8{,}314 \cdot 298} = 316{,}4\,моль$$

$Q = 285 \frac{кДж}{моль} \cdot 316{,}4\,моль = 90000\,кДж < 133352\,0\,кДж$ (сгорание 40 л бенз.)

(при сгорании 40 л бензина)

Ответ: Нецелесообразно.

Часть 2

Олимпиада: **Химия 11 класс (2 часть)**

Шифр: **21300968**

ID профиля: **869272**

Вариант 2

Чистовик. ЗАДАЧА 4.

1) $n(CO_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2\ л}{22,4\ л/моль} = 0,5$ моль. $n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{9\ г}{18\ г/моль} = 0,5$ моль.

$n(CO_2) = n(H_2O) \Rightarrow$ формула А: $C_xH_{2x}O_y$.

$C_xH_{2x}O_y + mO_2 \xrightarrow{t} xCO_2 + xH_2O$.

$M(C_xH_{2x}O_y) = \frac{m(C_xH_{2x}O_y)}{n(C_xH_{2x}O_y)} = \frac{m(C_xH_{2x}O_y)}{\frac{n(CO_2)}{x}} = \frac{x \cdot 10,2\ г}{0,5\ моль} = 20,4x$ г/моль.

При $x=5$: $M(A) = 102$ г/моль. Это соответствует формуле $C_5H_{10}O_2$.

$n(NaOH) = C(NaOH) \cdot V(NaOH) = 2\ \frac{моль}{л} \cdot 0,05\ л = 0,1$ моль $= n(Б)$.

$M(Б) = \frac{m(Б)}{n(Б)} = \frac{4,6\ г}{0,1\ моль} = 46$ г/моль. Это $H-C(=O)-OH$. Муравьиная кислота. Б.

$M(Д) = \frac{M(O)}{\omega(O)} = \frac{16}{0,2759} = 58$ г/моль. Это $CH_3-C(=O)-CH_3$. Пропанон. Д.

Тогда Г: 2-метилпропен $CH_2=C(CH_3)-CH_3$.

В Ф содержится минимум 2 атома кислорода (это кислота).

$M(Ф) = \frac{2M(O)}{\omega(O)} = \frac{32}{0,3636} = 88$ г/моль.

Это соответствует Ф – $CH_3CH_2CH_2COOH$ бутановая кислота.

Соответственно Г: $CH_2=C(CH_3)-CH_3$.

$M(Д) = \frac{M(O)}{\omega(O)} = \frac{16}{0,2759} = 58$ г/моль.

Это $CH_3-C(=O)-CH_3$. Пропанон.

Соответственно, Г: $CH_2=C(CH_3)-CH_3$ 2-метилпропен

Продолжение на стр. 2

ЗАДАЧА 4. Продолжение.

1) Тогда B: ~~$CH_3-CH(CH_3)-CH_2OH$ 2-метилбутанол-1~~

B: $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}-CH_3$ трет-бутанол.

A: $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}}-CH_3$ трет-бутилформиат.

P.S. По условию также подходит $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_2OH$ на роль B.

Я выбрал трет-бутанол из-за запаха малины, но по другим условиям задачи выбрать что-то одно между этими веществами невозможно.

3) $2CH_4 \xrightarrow{1500^\circ C} HC\equiv CH + 3H_2$.

$CH\equiv CH + H_2 \xrightarrow{Pt} CH_2=CH_2$

$CH_2=CH_2 + O_3 \rightarrow \left[\begin{array}{c} O-O \\ CH_2-O-CH_2 \end{array}\right] \xrightarrow{[O]} 2HCOOH$.

~~$2Na + 2NH_3 \rightarrow 2NaNH_2 + H_2$~~

$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$.

$CH\equiv CH + 2NaNH_2 \rightarrow CNa\equiv CNa + 2NH_3$.

$CNa\equiv CNa + 2CH_3Cl \rightarrow CH_3-C\equiv C-CH_3 + 2NaCl$.

$CH_3-C\equiv C-CH_3 + 2H_2 \xrightarrow[t^\circ]{Pt} CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \xrightarrow{AlCl_3} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{|}{CH}}-CH_3 \rightarrow$

$\xrightarrow[-HCl]{Cl_2,\ h\nu} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{Cl}{\overset{|}{C}}}-CH_3 \xrightarrow[H_2O]{NaOH} CH_3-\underset{CH_3}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}-CH_3$ ~~$+HCOOH$ $-H_2O$~~

$CH_3-\underset{CH_3}{\overset{OH}{\overset{|}{C}}}-CH_3 + HCOOH \underset{-H_2O}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}} H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{\overset{|}{C}}}-CH_3$

Продолжение на стр. 3.

Задача 4. Продолжение. (3)

2) $H-C(=O)-O-C(CH_3)_2-CH_3 + \frac{13}{2}O_2 \xrightarrow{t} 5CO_2 + 5H_2O$

$H-C(=O)-O-C(CH_3)_2-CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} HCOOH + CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_3$

$HCOOH + NaOH \rightarrow HCOONa + H_2O$

$CH_3-C(OH)(CH_3)-CH_3 \xrightarrow[300^\circ C]{Al_2O_3} CH_3-C(CH_3)=CH_2 + H_2O$

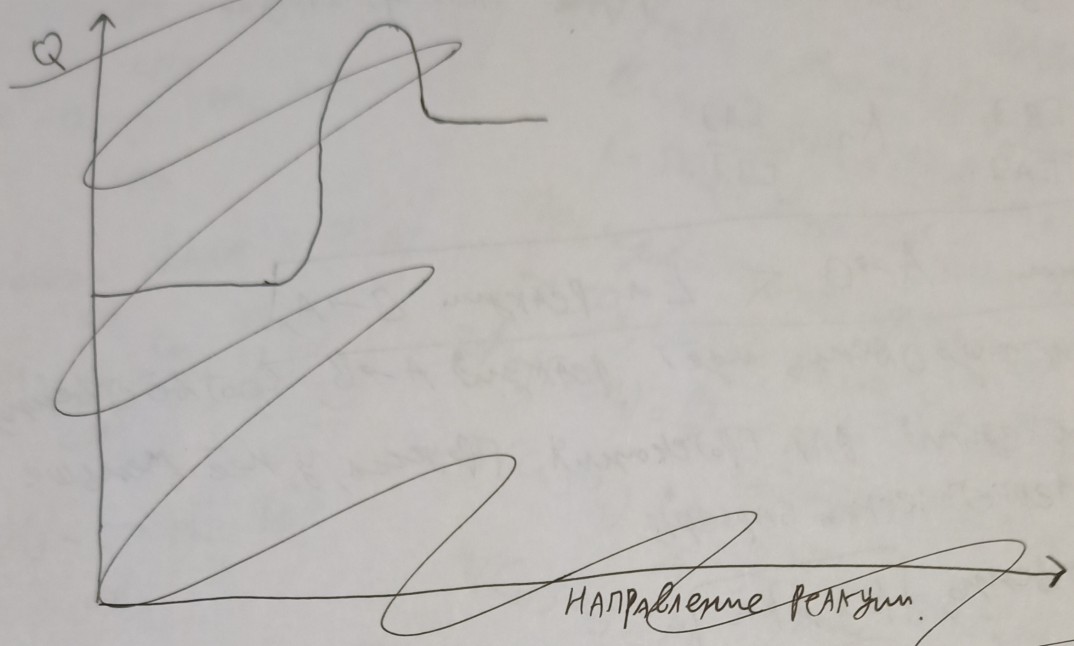
$5CH_3-C(CH_3)=CH_2 + 8KMnO_4 + {}^{12}H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3-C(=O)-CH_3 + 5CO_2 + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + {}^{17}H_2O$

ЗАДАЧА 5.

4

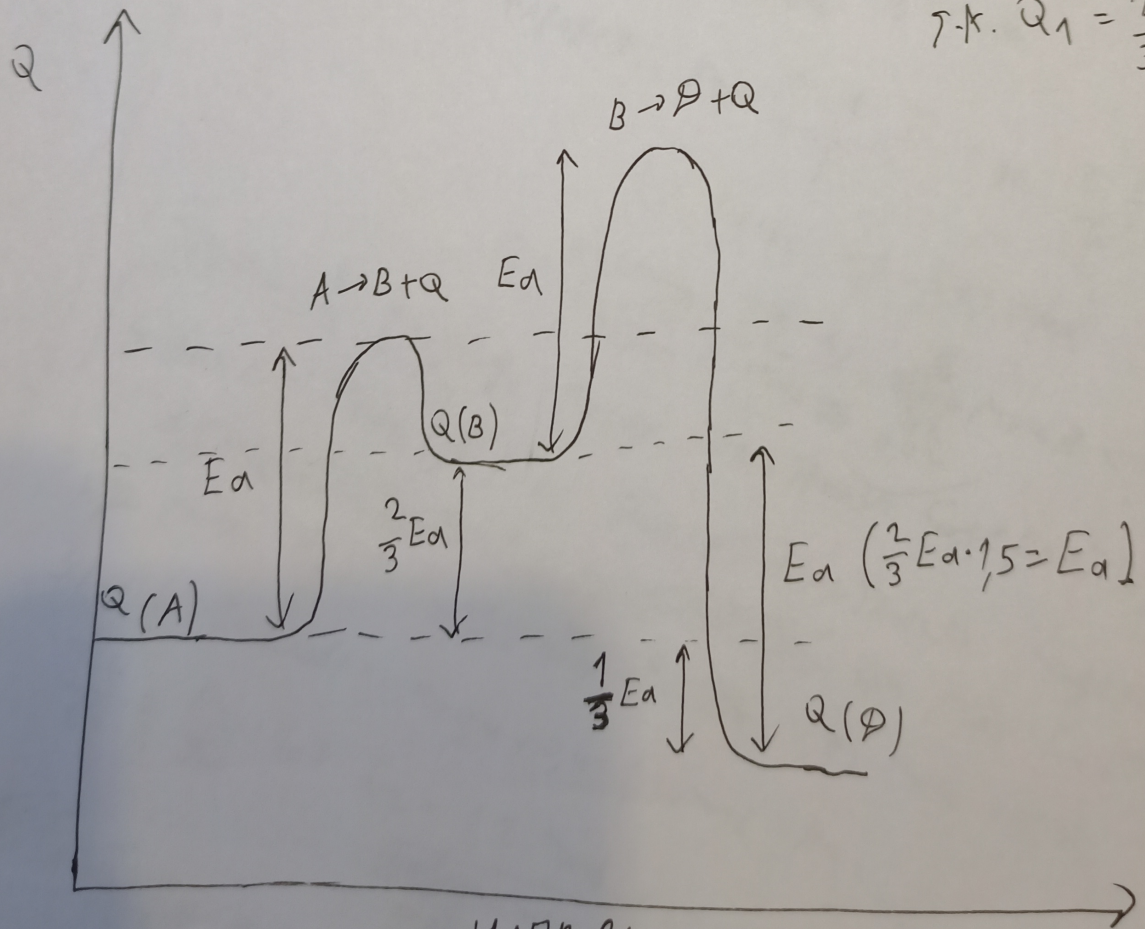
1) $K = A \cdot e^{\frac{-Ea}{RT}}$.

2) $K_1 = K_3 \Rightarrow$ энергии активаций 2-х реакций равны.



$|Q_2| = 1{,}5\,|Q_1| = |Ea|$,

т.к. $Q_1 = \frac{2}{3} Ea$



Продолжение на стр. 5.

Задача 5. Продолжение. 5

2) По графику, нарисованному ранее, видно, что поглощается $\frac{2}{3}E_a$ теплоты, а выделяется $\frac{2}{3}E_a \cdot 1{,}5 = E_a$ теплоты.

$Q_{общ.} = E_a - \frac{2}{3}E_a = \frac{1}{3}E_a > 0$. $\Rightarrow$ Процесс экзотермический.

3) $K_1 = \frac{[B]}{[A]}$. $K_2 = \frac{[A]}{[B]}$.

E_a реакции $A \to B$ < E_a реакции $B \to A$,

т.к. при данных условиях идёт реакция $A \to B$, соответственно, энергия, необходимая для протекания процесса, у неё меньше. (меньше „энергетический барьер").

Соответственно, $K_1 > K_2$

ЗАДАЧА 6. (6)

1) $FeSO_4 + H_2O \xrightarrow{эл\text{-}з} Fe + H_2SO_4 + \frac{1}{2}O_2$

$CuSO_4 + H_2O \xrightarrow{эл\text{-}з} Cu + H_2SO_4 + \frac{1}{2}O_2$

$CoSO_4 + H_2O \xrightarrow{эл\text{-}з} Co + H_2SO_4 + \frac{1}{2}O_2$.

Последовательность протекания электролиза солей:

$FeSO_4$, $CoSO_4$, $CuSO_4$, т.к. в этом ряду активность металлов уменьшается.

2) $n(FeSO_4) = \frac{m}{M} = \frac{60{,}8\ г}{152\ г/моль} = 0{,}4$ моль.

$n(CuSO_4) = \frac{m}{M} = \frac{64\ г}{160\ г/моль} = 0{,}4$ моль.

$n(CoSO_4) = \frac{m}{M} = \frac{62\ г}{155\ г/моль} = 0{,}4$ моль.

По закону Фарадея: $m = \frac{M \cdot t \cdot I}{F}$ $n = \frac{t \cdot I}{F}$.

$t = 10 \cdot 60 + 43 = 643$ мин.

$n = \frac{643\ мин \cdot 3\ А \cdot 1}{96500\ Кл/моль} = 0{,}02$ моль $< n(FeSO_4)$.

Значит, в растворе после электролиза содержатся: H_2SO_4, $CuSO_4$, $CoSO_4$, $FeSO_4$.

Количество в р-ре после электролиза содержатся: 0,4 моль $CuSO_4$; 0,4 моль $CoSO_4$; 0,02 моль H_2SO_4; 0,38 моль $FeSO_4$.

3) $n(Me)$ав = $0{,}4 + 0{,}4 + 0{,}4 = 1{,}2$ моль $= n_2$.

$\frac{t_2}{t_1} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow t_2 = \frac{1{,}2\ моль}{0{,}2\ моль} \cdot 643\ мин = 3858$ минут.

$\Delta t = 3858 - 643 =$ минут.

Ответ.

$\Delta t = 3858 - 643 = 3215$ минут.

Ответ.

Продолжение на стр. 7.

ЗАДАЧА 6. Продолжение. (7)

4) m(р-ра после эл-лиза) = 1250,6 − m(Fe) − m(O_2) =

= 1250,6 − 0,2 моль · 56 г/моль − 0,1 моль · 32 г/моль = 1236,2 г.

n(H_2SO_4 в порции) = 0,2 моль · $\frac{20\ г}{1236,2\ г}$ = $3,2357 \cdot 10^{-3}$ моль.

I $H_2SO_4 \rightleftarrows H^+ + HSO_4^-$.

II. $HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$

Пренебрежём 2-ой ступенью диссоциации H_2SO_4 и гидролизом её солей.

$pH = -\lg[H^+] = -\lg(3,2357 \cdot 10^{-3}) = \boxed{2,5}$. Ответ: 2,5.